

TiO₂ при движении из кислой в щелочную среду на рисунке не показана) и для него характерна более высокая константа диссоциации, $pK_1=5,85\pm0,04$. При pH ниже 4 кривые сливаются и характеризуются одинаковой константой диссоциации.

Кривые для чистых ксерогелей SiO₂ и TiO₂ (кривые 2 и 3) практически полностью накладываются друг на друга и характеризуются одинаковыми константами диссоциации. Это позволяет сделать вывод об одинаковом заряде поверхностей диоксидов титана и кремния. Тогда как кривая титрования смешенного ксерогеля TiO₂ - SiO₂ с содержанием TiO₂ 50 мол. % сильно смещена вправо и характеризуется высокими значениями констант диссоциации. Это говорит о том, что поверхность смешенного образца заряжена наиболее отрицательно. Возможно, такое резкое изменение заряда поверхности бинарного образца обусловлено наличием смешенной Ti-O-Si-фазой.

Рассчитанные константы диссоциации для построенных кривых титрования приведены в таблице.

Константы диссоциации функциональных групп R в растворе и внутри пор ксерогелей

Образец	pK_{a1}	pK_{a2}
R	$5,22\pm0,03$	$2,12\pm0,05$
SiO ₂	$5,28\pm0,08$	$3,12\pm0,11$
TiO ₂	$5,22\pm0,06$	$3,1\pm0,16$
TiO ₂ -SiO ₂	$6,03\pm0,07$	$4,48\pm0,09$

Результаты проделанной работы позволяют заключить, что наличие в образцах смешенной Ti-O-Si-фазы способствует резкому понижению кислотности среды вблизи поверхности.

УДК 674.81

Студ. Л.С. Берсенёва, Н.Н. Гузаирова, А.А. Ивашура
Рук. А.В. Артёмов, А.В. Савиновских, В.Г. Бурындин
УГЛТУ, Екатеринбург

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ТАРЫ

Огромная масса полимерных изделий, применяемых в производстве и в быту в качестве упаковочных, конструкционных и других видов полимерных материалов, после использования должна утилизироваться без нанесения ущерба окружающей среде. Однако, несмотря на всю экономическую

привлекательность вторичной переработки полимерных отходов, они остаются невостребованными и вывозятся на объекты размещения отходов (полигоны отходов производства и потребления).

В настоящее время ежегодно на полигоны вывозится около 2,8–3,2 т полимерных отходов (из 5 основных видов полимерных материалов) [1]. По оценке ГУ «Научно-исследовательский центр по проблемам управления ресурсосбережением и отходами», в структуре образующихся полимерных отходов 34 % составляют отходы из полиэтилена, 20,4 % – полиэтилентерефталата, 17 % – из комбинированных материалов на основе бумаги и картона, 13,6 % – поливинилхлорида, 7,6 % – полистирола, 7,4 % – из полипропилена.

Из литературных источников известно, что период разрушения полимеров, например ПЭТ-тары, в природных условиях может составлять многие годы и десятилетия. Называется срок от 150 до 200 лет.

Известна возможность интенсификации процесса деградации полимеров (полиэтилена) на полигонах отходов за счет культивирования микроорганизмов в жидких средах на поверхности полимеров [2]. Однако предложенная схема требует подготовки ферментативных жидкостей и культивирования пленки на поверхности полимеров.

В качестве решения данной проблемы в виде культивирования микроорганизмов в жидких средах на поверхности полимеров предлагается использование осадков биологической очистки сточных вод [3], содержащих активный ил (биоценоз бактерий и простейших организмов, которые участвуют в очистке сточных вод), который является дешевым и доступным сырьем, одновременно разрешая сразу несколько экологических проблем:

1) интенсификация процессов разложения и уменьшение объемов полимерных отходов за счет биодеструкции на объектах размещения отходов, тем самым снижается возможная нагрузка на окружающую природную среду;

2) утилизация отходов производства – избыточный активный ил, осадки биологической очистки сточных вод (путём использования данных отходов при рекультивации нарушенных земель несанкционированными свалками отходов – технический этап) для дальнейшего использования в промышленности, лесовосстановлении, благоустройстве.

Целью данной работы являлось исследование и лабораторная оценка биodeградации полимеров в различных грунтах по изменению физико-механических свойств. В работе анализировались образцы полимера ПЭТ-бутылок в виде лопаток, а также полипропиленовой этикетки в виде полосок.

В качестве почвенной среды были приняты следующие грунты:

- простой почвенный грунт;
- почвенный грунт с добавлением (40 % по а.с.в.) активного ила вторичных отстойников (Южные очистные сооружения, ЕМУП «Водоканал»);

- почвенный грунт с добавлением (40 % по а.с.в.) обезвоженного осадка первичных и вторичных отстойников (содержание обезвоженного активного ила до 20 %) (Северная аэрационная станция, ЕМУП «Водоканал»).

Для проведения исследования используемые виды грунтов не подвергались активации микроорганизмов в течение 20 сут., т.е. использовались сразу по приготовлении. Исследуемые образцы полимеров (по 3 образца) помещались в контейнер с грунтом на глубину от 5 см в горизонтальном положении. После внесения образцов в грунт производилось его засеивание семенами трав. Для засева использовалась следующая травосмесь (используемая для биологического этапа рекультивации нарушенных земель): коострец безостый – 40 %, тимофеевка луговая – 10 %, овсяница луговая – 10 %, овсяница красная – 30 %, пырей ползучий – 10 %.

Первые всходы трав у всех видов грунтов появились на 3–4 сутки.

Перед началом испытания были определены физико-механические свойства у образцов, не подвергнутых биологическому разрушению в грунте (контроль).

Время выдержки образцов в грунте при комнатной температуре составило 30 суток. После выдержки образцы изымались из грунта, промывались и высушивались при комнатной температуре в течение суток. У высушенных образцов определялись физико-механические свойства.

В данной работе биодеструкция полимеров оценивалась по потере массы образцов и изменению прочности при растяжении. Некоторые результаты испытаний после 1 месяца (30 сут.) экспозиции образцов в грунте представлены в таблице.

Результаты испытаний полимеров до и после экспозиции

№	Показатель	До экспозиции			После экспозиции		
		Образец тары			Образец тары		
		1	2	3	1	2	3
Простой почвенный грунт							
1	Масса, г	0,3107	0,3231	0,3063	0,3111	0,3224	0,3075
2	Прочность при растяжении, МПа	---	164	131	---	111	95
Почвенный грунт с добавлением активного ила (40 % по а.с.в.)							
1	Масса, г	0,3126	0,2496	0,3046	0,3127	0,2950	0,3052
2	Прочность при растяжении, МПа	---	164	131	---	124	110
Почвенный грунт с добавлением обезвоженного осадка (40 % по а.с.в.)							
1	Масса, г	0,3095	0,3144	0,3085	0,3092	0,3096	0,3086
2	Прочность при растяжении, МПа	---	164	131	---	91	124

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы.

1. Статистический анализ полученных результатов показал, что при выбранном объеме выборки ($n=3$) вероятность отличий средних арифметических значений потери массы образцов составила менее 0,95, т. е. изменение массы образцов до и после экспозиции в различных грунтах находится в пределах статистической погрешности.

2. Наблюдается изменение прочности при растяжении образцов (см. таблицу). Например, для простого грунта в среднем снижение прочностного показателя составило 30 %, для грунта с активным илом – 26 %, для грунта с добавлением обезвоженного осадка – 25 %.

В ходе данной работы в дальнейшем планируется продолжить экспозицию образцов в различных грунтах и рассмотреть вопросы интенсификации процессов деградации полимеров путем предварительной обработки с использованием УФ-облучения и воздействия повышенных и пониженных температур.

Библиографический список

1. Рзаев К.В. Новые реалии вторичной переработки полимерных материалов в России / К.В. Рзаев // Полимерные материалы. 2015. № 7. С. 4–12.
2. Агазамов Р.З. Оценка биологического разрушения и способы деградации полимерных материалов на основе полиэтилена: автореф. дис. ... канд. техн. наук (03.11.2011) / Агазамов Р.З. Казань: КНИТУ, 2011. 20 с.
3. ГОСТ Р 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. 20 с.

УДК 678.03

Маг. А.В. Боровских
Рук. Н.М. Мухин
УГЛТУ, Екатеринбург

МОДИФИКАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ ИЗ КОММУНАЛЬНЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время значительную долю в общей массе твердых коммунальных и промышленных отходов составляют полимерные материалы на основе термопластичных полимеров (упаковка, тара, пленки, кусковые отходы и т.п.). Вторичная переработка полимерных отходов в изделия экструзией или литьем под давлением является приоритетным направлением их дальнейшего использования после рециклинга. Естественно, более качественные изделия получают из однородного по полимерной основе